Tome 56, nº 31. — Septembre 1949.

Zoologische Anstalt der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. A. Portmann.

Vergleichende Studien über den Anteil von Striatumteilen am Hemisphärenvolumen des Vogelhirns

von

Walter FRITZ

Mit 8 Textabbildungen und 10 Tabellen.

EINLEITUNG

Die Tatsache, dass die Gehirnmasse von Tieren mit ungefähr gleichem Körpergewicht, ganz verschieden sein kann, hat in der biologischen Forschung schon früh Beachtung gefunden.

Der höher organisierte Typus zweier, ungefähr gleich schwerer Tiere hat ein grösseres und komplizierteres Zentralnervensystem. Diese Steigerung der Hirnmasse und der Komplexität wird als Cerebralisation bezeichnet.

Dubois (1897) gelangt zu einer Fromel ($e = c \cdot s^r$), die das Hirngewicht (e) als eine Funktion von „Körpergrösse" (s^r) und Cerebralisation (c) darstellt. Die „Körpergrösse" wird dabei aus dem Körpergewicht (s) und dem Relationsexponenten (r) gebildet.

Nach Dubois stellt dieser Relationsexponent mindestens für Warmblüter eine konstante Grösse dar. Die Arbeiten von Lapicque und Brummelkamp basieren alle auf der Konstanz dieses Wertes.

Seit einigen Jahren sind in der Zoologischen Anstalt der Universität Basel Untersuchungen im Gange, die zeigen, dass der Relationsexponent bei Vögeln und Säugern keine konstante Grösse darstellt. (Portmann 1946/47; Wirz 1949.)

Es war deshalb nötig, einen anderen Weg zu beschreiten.

In der Zoologischen Anstalt wurde am Gehirn oben erwähnter Gruppen eine Partie (Stammrest [PORTMANN 1942]) abgegliedert, die als vorwiegend vegetativer Apparat niedrigen Funktionen zugeordnet ist, und deren Masse mit den Massen höherer Integrationsorte verglichen werden kann.

Der Quotient aus der Masse der höhern Integrationsorte und dem Stammrest ergibt Indices, die einen Ausdruck für die Differenzierungsstufe des untersuchten Tieres bilden.

Um den vergleichenden Wert dieser Indices zu erhöhen, wird als Vergleichsmass nicht der eigene Stammrest jedes Tieres benützt, sondern derjenige eines gleich schweren Vertreters der niedrigsten bekannten Organisationsstufe der betreffenden Tiergruppe. (Vögel: Hühnerstammrest; Eutheria: Stammrest der Insektenfresser.)

Wesentlich für den Ausdruck der Cerebralisation ist bei den Vögeln der Index für die Hemisphaeren, bei den Säugern der Index für das Neopallium. Diese beiden Hirnteile sind bei den erwähnten Warmblütergruppen höchste Integrationsorte, die ein Mass für die Ranghöhe, d. h. für die Stellung eines Tieres oder einer Tiergruppe innerhalb des Systems, bieten.

Unsere Untersuchungen befassen sich mit den von PORTMANN angegebenen Hemisphaerenindices von Vögeln.

Diese Indices, als Ausdruck für die Massenentwicklung des höchsten Integrationsortes sind, wie wir sahen, verschieden gross. Ihr unterster Wert liegt bei den *Galli (Coturnix coturnix* 2, 36), den höchsten Wert finden wir bei den *Psittaci (Ara chloroptera* 27, 61).

Die Grösse der Hemisphaere der Vögel beruht fast ausschliesslich auf einer enormen Steigerung des Basalganglions. Dieses setzt sich zusammen aus verschiedenen Teilen, von denen man annimmt, dass sie phylogenetisch beurteilt, zum Teil archaischen Charakter tragen (*Archi*striatum, *Palaeo*str. primitiv.) teils jedoch auch als „neuere" Partien zu werten sind (Hyperstriatum, Neostriatum, Palaeostr. augmentatum).

Die Unterschiede im Werte des Hemisphaerenindex bei verschiedenen Formen liessen vermuten, dass bei steigendem Hemisphaerenindex der Anteil eines oder mehrerer Hemisphaeren-t e i l e am Gesamtvolumen der Hemisphaere im Rahmen des eben erwähnten Anstieges erhöht sei. Insbesonders dürfte diese Vermutung für das Hyperstriatum gelten.

Grundproblem unserer Arbeit bildet deshalb die Frage, ob bei verschieden cerebralisierten Formen der Anteil gewisser Hemisphaerenteile am Gesamthemisphaerenvolumen in Korrelation zu dem entsprechenden Hemisphaerenindex steht.

Dabei sind wir uns, was die Lokalisierungen innerhalb der Hemisphaere betrifft, der, von SCHIFFERLI (1948) angeführten Schwierigkeiten vollkommen bewusst. Unsere Arbeit wurde unter Berücksichtigung dieser und anderer Komplikationen durchgeführt, denn die ermittelten Werte sollen bloss relative, nur vergleichend benützbare Grössen darstellen, die zur Lösung des der Arbeit zu Grunde liegenden Problems beitragen.

Die Lokalisierungen erfolgten nach den geltenden Auffassungen von HUBER und CROSBY, KAPPERS C. U. A. sowie ROSE und anderer Autoren.

Zur Untersuchung benützten wir einen sehr niedrig cerebralisierten Vogel, nämlich *Coturnix coturnix* (L.). Diesem stellten wir aus der Ordnung der *Psittaci* zwei, relativ hoch cerebralisierte Formen gegenüber, nämlich *Melopsittacus undulatus* (Shaw) und *Amazona ochrocephala* (Gm.). Schliesslich wählten wir den Star (*Sturnus vulgaris* L.) als Vertreter der Unterordnung der Oscines, welche sich bezüglich der Cerebralisation den anderen Ordnungen gegenüber gesondert verhält (PORTMANN, 1947).

Sämtliche Tiere waren adult.

Das Frischgewicht der untersuchten Gehirne betrug für die Wachtel 0,905 gr, für den Wellensittich 1,15 gr, für den Amazonenpapagei 6,74 (5) gr und schliesslich für den Star 1,80 gr. Unsere Untersuchungen sind jedoch unabhängig vom Hirngewicht.

Die vorliegende Arbeit wurde von Herrn Prof. Dr. A. PORTMANN angeregt und geleitet. Für seine grosse Anteilnahme und seine vielen, wertvollen Anregungen danke ich ihm recht herzlich.

Grossen Dank schulde ich auch dem anatomischen Institut der Universität Basel, speziell Herrn Prof. Dr. E. LUDWIG und Herrn A. WOLF, Präparator, welche sich in freundlichster Weise bereit erklärten, das Gehirn der Gelbscheitelamazone zu schneiden.

METHODISCHES UND UNTERSUCHUNGEN

Die zu untersuchenden Hemisphaeren wurden in lückenlosen Serien geschnitten, und zwar stets die linke Hemisphaere in horizontaler Richtung. Meine Angaben beziehen sich deshalb immer auf die linke Hemisphaere des Tieres.

Die Herstellung vollständiger Serien bereitete ziemlich viel Schwierigkeiten. Es zeigte sich, dass die Zeit für das Eindringen der Fixierungs- und Behandlungsflüssigkeiten in die Gehirne von verschiedenen Vogelarten differiert.

Da die Gehirne auch anderen Untersuchungen als Grundlage dienen, erfolgte die Fixierung für Melopsittacus in Susa, für Coturnix in Huber's Fixierungsgemisch, als Zwischenflüssigkeit habe ich bei beiden Toluol verwendet. Amazona ochrocephala wurde ebenfalls mit Susa, Sturnus vulg. jedoch mit Bouin-Duboscq fixiert, bei diesen beiden kam als Zwischenflüssigkeit Methylbenzoat zur Anwendung. Die Einbettung wurde ausnahmslos in hochwertigem Paraffin vorgenommen; beim Schneiden musste bei der Wachtel mit Mastixkollodium nachgeholfen werden.

Die Schnitte wurden folgendermassen gefärbt:

Wellensittich:	Hämatoxylin Delafield / Eosin.
Wachtel:	Alternierend Hämatoxylin Delafield / Eosin und Huber's Toluidinblau.
Amazonenpapagei:	Alternierend Toluidinblau, Haemalaun / Benzopurpurin und Azan.
Star:	Alternierend Cresylviolett und Azan.

Zur Bestimmung des Anteiles bestimmter Hemisphaerenteile am Gesamtvolumen der Hemisphaere habe ich mich einer Methode bedient, die im Wesentlichen unabhängig ist von den schon vorhandenen Arbeitsweisen, deren hauptsächlichste Autoren von Romeis angegeben werden und auf welche hier verwiesen sei.

Es galt, eine Methode zu finden, die eine Bearbeitung der Hemisphaeren auf möglichst einfache Art erlaubt. Die Methode sollte den, durch die Problemstellung gesetzten Anforderungen an Genauigkeit u.s.w. genügen. Der von mir eingeschlagene Weg ist wohl auch schon von anderen Autoren, mindestens teilweise

beschritten worden, und ich bin weit davon entfernt, Ansprüche auf Originalität zu erheben.

Es war notwendig, eine Auswahl von Schnitten, die für die Berechnung bestimmt waren, zu treffen; der Rest der Schnitte diente den Détailuntersuchungen.

Die Schnitte des Wellensittichgehirns wurden 10-fach linear vergrössert, jeder 20. resp. im Mittelteil des Gehirns jeder 10. Schnitt wurde ausgewählt, das entspricht, bei einer Schnittdicke von 20 μ einem Abstand von Schnitt zu Schnitt (Abstand der untersuchten Schnitte bei 10-facher linearer Vergrösserung derselben) von 4-, resp. 2 mm. Bei der Wachtel, deren Schnitte 8-fach vergrössert wurden, kam jeder 30. Schnitt zu Auswahl; die Schnittdicke entsprach 10 μ, das ergibt einen Schnittabstand von 2,4 mm. Beim Amazonenpapagei, mit einer linearen Vergrösserung von 6, und beim Star, mit einer solchen von 10, wurde jeder 40. Schnitt ausgewählt, die Schnittdicke betrug bei beiden 10 μ, der Schnittabstand errechnete sich beim Amazonenpapagei auf 2,4 mm, beim Star auf 4,0 mm. Die erwähnten Schnittabstände (s. o.) variierten oft, denn bei der Auswahl wurden stets nur Schnitte berücksichtigt, die in einwandfreiem Zustande sich befanden, und die sich beim Ausbreiten (Aufkleben) normal verhalten hatten. Dieses Variieren der Schnittauswahl bedingt entsprechend verschiedene Schnittabstände.

Oben erwähnte Schnitte wurden photographiert. Dabei wurde der Zweck verfolgt, auf rasche Art gute Umrissbilder in der richtigen Vergrösserung zu erhalten. Ich projizierte deshalb die Schnitte mit dem Vergrösserungsapparat direkt in der richtigen Vergrösserung auf Vergrösserungspapier und erhielt so negative Umrissbilder, bei denen auch innere Strukturen recht gut sichtbar sind.

Am Aufbau des weitaus grössten Teiles der Hemisphaere sind, in der Benennung von A. Kappers, Huber u. Crosby etc., hauptsächlich vier Teile massgebend, nämlich das Archistriatum, das Palaeostriatum, das Neostriatum und das Hyperstriatum. Ich habe mich deshalb entschlossen, diese vier Teile zu berechnen und alle übrigen Gebiete wie Cortex, Ektostriatum u. s. w. als in der Gesamtheit der erwähnten Gebiete liegend in dieselben einzubeziehen. Abgetrennt wurden jedoch die gut sichtbaren Faserzüge wie z. B. die Lamina medullaris dorsalis, sowie der Tractus frontoarchistriaticus et neostriaticus.

Die Reihenfolge der Bezeichnungen der Teile des Corpus striatum wurde im Untersuchungsteil dieser Arbeit absichtlich nicht in der durch die Untersuchungsergebnisse (s. u.) auftretenden Ordnung gewählt, um nicht dem Eindruck einer, etwa schon vorher bestehenden Voreingenommenheit Vorschub zu leisten.

Ueber die Lage der untersuchten Hemisphaerenteile sind weitgehende Angaben in der Literatur zu finden, ebenso über die Beschaffenheit der einzelnen Teile des Stammganglions. Ergänzend dazu möchte ich zusammenfassend feststellen:

Das Gesamtgebiet des Hyperstriatums hebt sich vom Neostriatum gut ab. Das Neostriatum ist von den es begrenzenden Teilen allgemein deutlich unterscheidbar, mit der Einschränkung allerdings, dass die Grenze Neostriatum/Archistriatum etwas unscharf ist. Das Palaeostriatum bildet, mit Ausnahme des, ausserhalb der Gesamtmasse des Palaeostriatum augmentatum liegenden Teiles des Palaeostriatum primitivum, einen ziemlich einheitlichen Körper. Die Lage des Archistriatums, das aus einer medialen und einer lateralen Partie besteht, scheint bei verschiedenen Formen zu wechseln. Die Abgrenzung gegen das Neostriatum hin ist nicht sehr scharf.

Die Gesamthemisphaere wurde auf jedem Schnittbild wie folgt abgegrenzt:

Als Hemisphaere wurde der, zwischen dem äusseren Hemisphaerenrand und dem Ventrikel liegende Teil bezeichnet, und zwar bildet der Ventrikel im dorsalen Teil der Hemisphaere eine mediocaudale Grenze. Basalwärts liegt diese Grenze median und occipitotemporal; eine Verbindung zwischen dem letzterwähnten und dem medianen Ventrikelteil wurde lateral am deutlich sichtbaren Sammelpunkt der Fasern aus dem Archistriatum zur Commissura anterior, sowie der Gesamtheit des caudalen Endes des Palaeostriatums entlang geführt. Die Schnitte der Gesamthemisphaere werden im Folgenden auch Gesamtschnitte genannt.

Durch diese Trennung wird der, ausserhalb der Gesamtmasse des Palaeostriatum augmentatum liegende Teil des Palaeostriatum primitivum, obwohl er noch zur Hemisphaerenmasse gehört, vernachlässigt. Die Einbeziehung dieses Teiles in die Hemisphaerenmasse war jedoch nicht möglich, da die Fasern des Palaeostriatum primitivum hier mit den Fasern der Commissura anterior innig

zusammenlaufen. Die übrigen Grenzen der Hemisphaere waren durch die äussere Hemisphaerenform gegeben.

Um eine Kontrolle über die räumliche Lage der untersuchten Teile, sowie über die Lokalisierungen zu erhalten, wurden vom Wellensittich und von der Wachtel Glasplattenmodelle hergestellt. Als Richtebenen habe ich dabei einerseits die Mediane, andererseits eine, von ihr zirka um 90 Grad verschobene, durch das ganze Objekt laufende Scharte benützt.

Von den einzelnen Schnittbildern wurden die Grenzen der Hemisphaere, sowie die darin abgegrenzten Teile richtig orientiert auf Glasplatten aufgetragen und die verschiedenen Schnitteile hierauf z. T. in verschiedenen Farben leicht getönt.

Werden diese Platten nun in entsprechender Reihenfolge und mit der, oben beschriebenen, entsprechenden Distanz von Platte zu Platte (Plattenabstand) aufeinandergelegt, so ergibt sich ein durchsichtiges Hemisphaerenmodell, welches die räumliche Lage seiner Teile zeigt und uns zugleich ein Mass gibt für den Fehler, der durch den gewählten Schnittabstand, sowie durch die Lokalisierung, entstand.

Zur Bestimmung der Volumina, sowohl der Gesamthemisphaere als auch des Anteils der untersuchten Teile an derselben, bin ich im Weiteren folgendermassen vorgegangen:

Die Schnittbilder mit ihren Teilen wurden auf Millimeterpapier übertragen und ausgeschnitten. Die Fläche der einzelnen Schnitte sowie ihrer Teile wurden durch Wägung bestimmt. Um aus dem Gewicht auf die Fläche schliessen zu können, war es notwendig, das Gewicht bekannter Flächen festzustellen. Dabei zeigte es sich, dass es am günstigsten ist, alle Wägungen auf vier Stellen nach dem Komma auszuführen und für grössere Flächen als 100 mm² die letzte Stelle bis und mit dem Werte 5 zur Abrundung, grössere Werte als 5 zur Aufrundung zu benützen.

Nachfolgend stelle ich das weitere Vorgehen an einem Beispiel dar, nämlich an dem der Hemisphaere des Wellensittichs. Alle übrigen Hemisphaeren wurden grundsätzlich gleich behandelt:

Es wurden serienmässig Flächen von 400 mm² aus verschiedenen Stellen des Millimeterpapiers gewogen. Aus diesen Gewichten wurde das arithmetische Mittel bestimmt und dieses für eine Fläche von 100 mm² reduziert. Diesen Wert habe ich auf drei Stellen nach dem Komma beschränkt und, nach Prüfung durch

Tabelle 1.

Bestimmung des Gewichtes einer Flächeneinheit (100 mm²).
Definitionswert = Gewicht von 100 mm² Millimeterpapier.

Bez.	Gemessene Fläche mm²	Gewicht:	Verrechnung:	Definitionswert:
I [1]	400	0,0408 g	Total:	Reduziert:
	400	0,0402	0,1617 g	*100 mm² =*
	400	0,0401	Mittel:	*0,010 g.*
	400	0,04065	0,0404	
II	400	0,0391	Total:	Reduziert:
	400	0,0406	0,1607 g	*100 mm² =*
	400	0,0408	Mittel:	*0,010 g.*
	400	0,0402	0,0401	
4. Stelle nach dem Komma auf- resp. abgerundet:				
I	400	0,041	Total:	Reduziert:
	400	0,040	0,162 g	*100 mm² =*
	400	0,040	Mittel:	*0,010 g.*
	400	0,041	0,040	
II	400	0,039	Total:	Reduziert:
	400	0,041	0,161 g	*100 mm² =*
	400	0,041	Mittel:	*0,010 g.*
	400	0,040	0,040	

[1] Die auf dieser und den folgenden Tabellen eingetragenen römischen Ziffern innerhalb der Rubrik: Bez. bezeichnen je entsprechende Bogen des Millimeterpapieres. Die Gewichtsdifferenz der einzelnen Bogen musste, wenn vorhanden, stets in der Berechnung der einzelnen „Schnitte" berücksichtigt und durch Kontrollversuche kontrolliert werden.

Kontrollversuche, als Definitionswert (nämlich als das Gewicht von 100 mm² Millimeterpapier) verwertet.

In Tabelle 1 sind zwei solcher Serienmessungen, auf vier und drei Stellen nach dem Komma, für den Wellensittich ausgeführt, dargestellt.

Zur Prüfung der Genauigkeit des Definitionswertes sowie zur Ermittlung des auftretenden Wägefehlers und damit zur Bestimmung der Genauigkeit der angewandten Methode, wurden Kontrollversuche gemacht.

Dabei habe ich mittels des Gewichtes und des Definitionswertes Flächen bestimmt, und das Resultat mit demjenigen der Flächen-

Tabelle 2.

Kontrollversuche: Auswahl.

Die vierte Stelle nach dem Komma wurde stets auf- resp. abgerundet.

Bez.	Nr.	Gewicht: g	Fläche gemessen: mm²	Fläche berechnet: mm²	Fehler in mm²:	Fehler in %:
I	Mbe2	0,088	874	880	6 +	0,7
	Mbe3	0,030	300	300	0	0
	Mbe4	0,070	700	700	0	0
	Mbe6	0,032	320	320	0	0
	Mbe7	0,059	600	590	10 —	1,9
	Mbe8	0,035	360	350	10 —	2,9
	Mbe9	0,233	2285	2330	45 +	1,9
II	Mbe3	0,100	989	1000	11 +	1,1
	Mbe4	0,070	700	700	0	0
III	Mbe5	0,038	381	380	1 —	0,26
	Mbe6	0,097	965	970	5 +	0,5
IV	Mbe5	0,078	802	780	22 —	2,8

. Der Fehler wurde in % des errechneten Betrages ausgedrückt.

ausmessung verglichen. Hierauf konnte der jeweilige Fehler in mm² und in % des errechneten Betrages ausgedrückt werden.

Bei allen Kontrollversuchen betrug der grösste Fehler 4%.

Tabelle 2 zeigt eine Auswahl solcher Kontrollversuche, ausgeführt zur Kontrolle der Wägungen für den Wellensittich.

Die Gewichte der einzelnen Schnitte sowie ihrer abgegrenzten Teile ergeben, durch den Definitionswert dividiert und mit dem Faktor 100 multipliziert, die Fläche der entsprechenden Schnitte resp. der betreffenden Schnitteile in mm², selbstverständlich in der angewandten Vergrösserung. Diese Flächen werden nun je mit dem entsprechenden, berechneten Abstand bis zur nächsten Fläche in mm multipliziert und es kann so das Volumen eines Schnittes resp. eines Schnitteiles in mm³ (immer in der angewandten Vergrösserung) festgestellt werden.

In Tabelle 3 ist dies am Beispiel des Hyperstriatums des Wellensittichs dargestellt. Die Schnitte der übrigen untersuchten Hemisphaerenteile und der Gesamthemisphaere wurden gleich behandelt, ebenso die Hemisphaeren und die entsprechenden

Tabelle 3.

Hyperstriatum:

Bez.	Nr.	Gewicht g	Fläche: mm²	Distanz: mm	Volumen: mm³
„Schnitte“					
I	1/4	0,029	290	4	1160
	2/4	0,127	1270	4	5080
	3/4	0,170	1700	4	6800
	4/4	0,240	2400	4	9600
	5/4	0,270	2700	4	10800
	12/4	0,036	360	2	720
	12/2	0,035	350 + 26[1] = 376	2	752
	11/4	0,043	430	2	860
II	8/4	0,084	840	6	5040
	19/2	0,0037	37 + 7 = 44	4	176
	18/2	0,0099	99	4	396
	16/4	0,022	220	2	440
	9/2	0,041	410	2	820
	7/4	0,164	1640	4	6560
	17/2	0,014	140 + 10 = 150	4	600
	20/2	0,0015	15	2	30
	6/4	0,256	2560	4	10240
	16/2	0,021	210	2	420
III	15/4	0,024	240	2	480
	9/4	0,044	440	2	880
	15/2	0,028	280	2	560
	13/2	0,031	310	2	620
	13/4	0,029	290	2	580
	11/2	0,049	490	2	980
	14/2	0,023	230	2	460
IV	10/2	0,043	430	2	860
	10/4	0,043	430	2	860

[1] Korrekturwert.

Teile der übrigen untersuchten Formen. Wir geben diese anderen Zahlen aus Raumgründen nicht wieder.

Die einzelnen Volumina der untersuchten Schnitteile können nun in Prozenten des entsprechenden Gesamtschnittvolumens ausgedrückt werden; ebenso lässt sich aus dem Total aller Volumina entsprechender Schnitteile der prozentuale Anteil des betreffenden Hemisphaerenteiles am Total der Gesamthemisphaerenschnittvolumina d. h. am Volumen der Gesamthemisphaere ausdrücken.

TABELLE 4.

Wellensittich:

Bez.	Nr.	Hemisphaere	Palaeostriatum:		Hyperstriatum:		Archistriatum:		Neostriatum:	
„Schnitte“			Vol.	% Hem.	Vol.	% Hem.	Vol.	% Hem.	Vol.	% Hem.
		mm³	mm³		mm³		mm³		mm³	
I	1	1160			1160	100				
I	2	5080			5080	100				
I	3	6800			6800	100				
I	4	9600			9600	100				
I	5	11840			10800	91,22			1040	8,78
II	6	14320			10240	71,51			4080	28,49
II	7	15880			6560	41,31			9320	58,69
II	8	27120	490	1,80	5040	18,58			21590	79,61
II	9	9040	980	10,84	820	9,07	20	0,22	6980	77,18
III	10	9200	1640	17,82	880	9,56	50	0,54	6510	70,76
IV	11	8820	2440	27,66	860	9,75	144	1,63	5240	59,41
IV	12	8840	2760	31,22	860	9,72	210	2,38	4820	54,52
III	13	9160	2940	32,09	980	10,69	420	4,58	4600	50,22
·I	14	8640	2840	32,87	860	9,95	760	8,80	4020	46,44
I	15	8518	2280	26,76	752	8,82	880	10,33	4246	49,85
I	16	8200	2260	27,56	720	8,78	1120	13,66	3940	48,05
III	17	7722	2142	27,74	620	8,02	1040	13,47	3760	48,69
III	18	7246	2086	28,79	580	8,00	900	12,42	3500	48,30
III	19	6400	1980	30,94	460	7,19	1020	15,94	2820	44,06
III	20	5792	1842	31,80	560	9,67	800	13,81	2480	42,82
III	21	5294	1894	35,77	480	9,07	460	8,69	2320	43,82
II	22	4420	1720	38,91	420	9,50	270	6,11	1980	44,79
II	23	3900	1540	39,49	440	11,28	152	3,89	1620	41,54
II	24	6468	2984	46,13	600	9,28			2836	43,84
II	25	4840	2280	47,11	396	8,18			2000	41,32
II	26	3416	1608	47,07	176	5,15			1660	48,63
II	27	176			30	17,05			146	82,95

Damit ist das Ziel der Untersuchungen, die Bestimmung des Anteils der untersuchten Hemisphaerenteile am Volumen der Gesamthemisphaere, erreicht (s. Tabellen 4-8).

Für die Fehler der geschilderten Untersuchungsmethode gilt:

Es wurde grundsätzlich versucht, die Bearbeitung aller untersuchten Formen gleich durchzuführen und dadurch die Fehler

gleich zu halten. Dadurch wird die Vergleichsmöglichkeit der Untersuchungsergebnisse trotz der auftretenden Fehler gewahrt.

Tabelle 5.

Wachtel:

Bez.	Nr.	Hemisphaere	Palaeostriatum:		Hyperstriatum:		Archistriatum:		Neostriatum:	
„Schnitte"			Vol.	%Hem.	Vol.	%Hem.	Vol.	%Hem.	Vol.	%Hem.
		mm³	mm³		mm³		mm³		mm³	
I	1	510			510	100				
I	2	810			810	100				
I	3	930			930	100				
I	4	1590			1050	66,04			540	33,96
I	5	2070			1080	52,17			990	47,83
I	6	2670			1320	49,44			1350	50,56
I	7	2970			1290	43,43			1680	56,57
I	8	2970			960	32,32			2010	67,68
I	9	3330	60	1,80	1020	30,63			2250	67,51
I	10	3300	240	7,27	870	26,36			2190	66,36
I	11	3420	630	18,42	540	15,79	90	2,63	2130	62,28
I	12	3121	810	25,95	570	18,26	360	11,53	1291,2	41,37
I	13	3060	1080	35,29	510	16,67	570	18,63	750	24,51
I	14	2520	930	36,90	420	16,67	540	21,43	480	19,05
I	15	2010	930	46,27	330	16,42	420	20,90	240	11,94
I	16	1080	480	44,44	210	19,44	150	13,89	240	22,22
I	17	690	300	43,48	120	17,39			210	30,43
I	18	180	90	50,00					90	50,00

In Tabelle 9 habe ich für jeden der untersuchten Hemisphaerenteile den Fehler bestimmt, der davon herrührt, dass nur eine bestimmte Auswahl von Schnitten (s. o.) zur Berechnung des Gesamtvolumens benützt wurde (Fehler durch den Abstand zwischen den untersuchten Schnitten). Der Fehler ist für die verschiedenen untersuchten Formen, sowie für die verschiedenen Hemisphaerenteile verschieden gross, da einerseits die Vergrösserung für die einzelnen Formen untereinander, mit Ausnahme von Wellensittich und Star, jeweils eine andere ist, andererseits die Form der einzelnen Hemisphaeren und ihrer Teile von Art zu Art wechselt.

Dieser Fehler ist jedoch klein, seinen höchsten Wert findet man mit 1,6% der Messwerte angegeben. Die Kleinheit dieses Fehlers erklärt sich dadurch, dass einem Zuwenig in der dorsalen Hemisphaerenpartie weitgehend ein Zuviel in der basalen Partie gegenübersteht.

TABELLE 6.

Amazonenpapagei:

Bez.	Nr.	Hemisphaere:	Palaeostriatum:		Hyperstriatum:		Archistriatum:		Neostriatum:	
„Schnitte“			Vol.	%Hem.	Vol.	%Hem.	Vol.	%Hem.	Vol.	%Hem.
		mm³	mm³		mm³		mm³		mm³	
I	1	127,5			127,5	100				
I	2	181,44			181,44	100				
I	3	3300,0			3300,0	100				
I	4	4475,3			4475,3	100				
II	5	6090,0			6090,0	100				
II	6	7429,5			7429,5	100				
II	7	7441,7			7195,6	96,69			246,1	3,31
II	8	8149,0			7503,2	92,07			645,8	7,93
I	9	8863,4			7922,8	89,39			940,6	10,61
II	10	10545			7533,8	71,43			3011,2	28,57
II	11	11009			5688,9	51,68			5320,1	48,32
II	12	11029			4702,4	42,63			6326,6	57,37
IV	13	12457			4212,8	33,83			8244,2	66,17
III	14	13007	307,5	2,36	3659,3	28,13			9040,2	69,50
III	15	12796	1766,9	13,81	2593,5	20,27			8549,8	66,81
III	16	14207	3044,4	21,43	2613,8	18,40			8241,0	58,01
III	17	13653	3382,5	24,77	1291,5	9,45	138,25	1,01	8656,4	63,40
III	18	12055	3590,9	29,79	883,48	7,33	256,49	2,13	7181,9	59,57
IV	19	12823	4212,8	32,85	922,50	7,19	277,99	2,17	7103,3	55,40
IV	20	11839	3966,8	33,51	861,2	7,27	307,50	2,60	6457,5	54,54
IV	21	10003	2850,0	28,49	712,50	7,12	841,32	8,41	5286,1	52,84
IV	22	10363	2952,0	28,48	584,25	5,64	964,34	9,31	5493,2	53,01
IV	23	9840	2521,5	25,62	584,25	5,94	830,25	8,44	5688,8	57,81
I	24	8037	2194,5	27,30	285,00	3,55	740,98	9,22	4588,5	57,09
I	25	8025,8	2183,3	27,21	92,25	1,15	645,76	8,05	4889,3	60,92
I	26	5442,8	1291,5	23,73			369,00	6,78	3567,1	65,54
I	27	3363,8	731,25	21,74			175,50	5,22	2457,0	73,04
I	28	1380,0							1380,0	100
I	29	600,00							600,0	100

Eine graphische Integration hat sich deshalb erübrigt.

Der Fehler der Lokalisierung, — die Modelle zeigen, dass derselbe klein ist —, sowie der Fehler des Zeichnens und des Uebertragens

Tabelle 7.

Star:

Bez.	Nr.	Hemisphaere:	Palaeostriatum:		Hyperstriatum:		Archistriatum:		Neostriatum:	
„Schnitte"			Vol.	% Hem.	Vol.	% Hem.	Vol.	% Hem.	Vol.	% Hem.
		mm³	mm³		mm³		mm³		mm³	
I	1	88,25			88,25	100				
I	2	2580			2580	100				
I	3	7400			7400	100				
I	4	6450			6450	100				
I	5	11150			11150	100				
I	6	16327,50			13125	80,39			3202,50	19,61
IV	7	19300			13000	67,36			6300	32,64
I	8	21148			11700	55,32			9448	44,68
I	9	24324,30			10871,25	44,69			13453,05	55,31
II	10	25900			12100	46,72			13800	53,28
II	11	28033,75	358,75	1,28	11070	39,47			16605	59,25
II	12	28450	3700	13,00	10100	35,50			14600	51,32
I	13	27200	5050	18,57	7900	29,04	1100	4,04	13150	48,34
II	14	27100	5250	19,37	6500	24,00	3000	11,07	12200	45,02
III	15	25850	5250	20,31	5250	20,31	3400	13,15	11850	45,84
III	16	22850	4900	21,44	3750	16,41	3300	14,44	10800	47,26
III	17	19700	4950	25,13	1900	9,64	1600	8,12	11200	56,85
III	18	16500	4550	27,58	1100	6,67	800	4,84	10000	56,56
III	19	13222,50	3741,25	28,30					9430	71,32
III	20	7312,50	1462,50	20,00					5703,75	78,00
II	21	3350							3350	100
II	22	175							175	100

finden ebenfalls ihre Grenzen durch den oben erwähnten Fehler (Abstand zwischen den einzelnen untersuchten Schnitten).

Bei der Abgrenzung der Hemisphaere tritt ein Fehler auf, der hauptsächlich durch die Nichteinbeziehung des, ausserhalb der Gesamtmasse des Palaeostriatum liegenden Teiles des Palaeostriatum primitivum, wie dies schon oben erwähnt wurde, verursacht

wird. Dieser Fehler dürfte jedoch für alle untersuchten Hemisphaeren gleich gross sein.

Der maximale Fehler bei der Wägung ist mit ungefähr 4% der angegebenen Werte erfasst. Sämtliche Wägungen wurden immer mindestens doppelt ausgeführt und durch zahlreiche eingeschaltete Kontrollversuche kontrolliert.

Ein Fehler bei der Verrechnung der Wägewerte wurde durch doppelte Verrechnung sowie durch Kontrolle derselben nach Möglichkeit verhütet. Der Fehler der Vergrösserung (Vergrösserungsschwankung innerhalb einer Hemisphaere) beträgt maximal 5% der Werte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Fehler der Lokalisierung, der Abgrenzung der Hemisphaere sowie des Zeichnens und der Uebertragungen bei allen untersuchten Hemisphaeren nach

TABELLE 9.

Fehler durch den Abstand zwischen den untersuchten Schnitten:

	Archi-striatum:	Palaeo-striatum:	Hyper-striatum:	Neo-striatum:	Mittel:
WS:	0,7% [1]	1,4%	0,8%	0,4%	0,8%
W:	1,4%	1,0%	1,1%	*1,6*%	1,3%
A:	0,3%	0,4%	0,02%	0,1%	0,2%
S:	1,1%	1,4%	0,5%	0,9%	1,0%
Mittel:	0,90%	1,05%	0,60%	0,75%	

[1] Der angegebenen Werte.

Möglichkeit gleich gehalten worden sind, sie beeinflussen also eine vergleichsweise Betrachtung der Untersuchungsergebnisse an mehreren Arten nicht.

Aus demselben Grunde wurde die Schrumpfung nicht berücksichtigt.

Die Schrumpfdifferenz zwischen den einzelnen Hemisphaeren dürfte nicht allzu gross sein; weitere Untersuchungen haben dies ergeben und gezeigt, dass für unser Ziel von einer genauen Schrumpfungsbestimmung abgesehen werden kann.

Der, bei vergleichsweiser Betrachtung zu berücksichtigende

Fehler resultiert als die Summe des Fehlers durch den Abstand zwischen den untersuchten Schnitten (s. o. und Tab. 9), des Wägefehlers (max. 4%) und des Fehlers der Vergrösserung (s. o.; max. 5%).

ERGEBNISSE

Die Annahme, dass bei steigendem Hemisphaerenindex der Massenanteil der untersuchten Hemisphaerenteile (Archistriatum, Palaeostriatum, Neostriatum, Hyperstriatum) an der Gesamthemisphaere verschoben werde, hat sich nicht bestätigt. Die Veränderung des Hemisphaerenindex bei einem Vergleich von verschiedenen Arten oder Gruppen ist also unabhängig vom Hemisphaerenanteil der untersuchten Teile.

Im Gegensatz zur Ausgangshypothese bleibt das Verhältnis des Anteils von Archistriatum, Palaeostriatum, Neostriatum und Hyperstriatum am Gesamthemisphaerenvolumen, obwohl Formen mit ganz verschiedenen Hemisphaerenindices untersucht wurden, stets weitgehend das gleiche. Eine volumenmässige Verschiebung der Teile im Sinne eines Anstieges oder eines Absinkens des Hemisphaerenindex besteht nicht, sondern homologe untersuchte Hemisphaerenteile bei Wellensittich, Wachtel, Amazonenpapagei und Star zeigen einen annähernd gleich grossen Anteil am Gesamtvolumen der Hemisphaere.

Der mittlere Anteil beträgt für das Archistriatum 3,8%, für das Palaeostriatum 14,6%, für das Neostriatum 46,2% und für das Hyperstriatum 34,1%. Der Umstand, dass diese Werte aus Gruppen von verschiedener Evolutionshöhe gewonnen worden sind, gibt diesen Mittelzahlen einen gewissen allgemein gültigen Wert für das Vogelhirn.

In Tabelle 8 sind die Werte aus den Tabellen 4-7 berechnet worden. Tabelle 10 zeigt diese Werte der untersuchten Formen zusammengestellt. Dabei soll hier speziell auf die oben diskutierten Fehler hingewiesen sein. Ferner wird mit allem Nachdruck festgestellt, dass alle angegebenen Werte lediglich ein Mittel darstellen, um den relativen Anteil der, in vorliegender Arbeit untersuchten Hemisphaerenteile am Volumen der Gesamthemisphaere bei den erwähnten Formen vergleichend zu bestimmen.

TABELLE 8.

Totalwerte:

WELLENSITTICH.

Hemisphaere: 217892 mm^3.
Palaeostriatum: 38706 mm^3, d. h. 17,7% der Hemisphaere.
Hyperstriatum: 66774 mm^3, d. h. 30,6% der Hemisphaere.
Archistriatum: 8246 mm^3, d. h. 3,7% der Hemisphaere.
Neostriatum: 101508 mm^3, d. h. 46,5% der Hemisphaere.

WACHTEL:

Hemisphaere: 37231 mm^3.
Palaeostriatum: 5540 mm^3, d. h. 14,8% der Hemisphaere.
Hyperstriatum: 12540 mm^3, d. h. 33,6% der Hemisphaere.
Archistriatum: 2130 mm^3, d. h. 5,7% der Hemisphaere.
Neostriatum: 16441,2 mm^3, d. h. 44,1% der Hemisphaere.

AMAZONENPAPAGEI:

Hemisphaere: 238533,24 mm^3.
Palaeostriatum: 34995,85 mm^3, d. h. 14,7% der Hemisphaere.
Hyperstriatum: 81446,77 mm^3, d. h. 34,1% der Hemisphaere.
Archistriatum: 5547,38 mm^3, d. h. 2,3% der Hemisphaere.
Neostriatum: 113914,70 mm^3, d. h. 47,7% der Hemisphaere.

STAR:

Hemisphaere: 35311,80 mm^3.
Palaeostriatum: 39212,50 mm^3, d. h. 11,1% der Hemisphaere.
Hyperstriatum: 136034,50 mm^3, d. h. 38,2% der Hemisphaere.
Archistriatum: 13200,00 mm^3, d. h. 3,7% der Hemisphaere.
Neostriatum: 165267,30 mm^3, d. h. 46,6% der Hemisphaere.

Das Differieren der Werte eines, innerhalb der untersuchten Formen homologen Hemisphaerenteiles, wie dies Tabelle 10 zeigt, kann nicht gedeutet werden als verschiedene morphologische Wertigkeit, d. h. als verschieden grosser Abstand von den ursprünglichsten ontogenetischen Formzuständen. Die gewählte Untersuchungsart gestattet nicht, aus einem Vergleich der Werte für einen homologen Hemisphaerenteil den Schluss zu ziehen, derselbe sei bei den untersuchten Formen im angegebenen Masse verschieden stark entwickelt.

Wenn die bearbeiteten Hemisphaerenteile fortlaufend nach dem Grösserwerden des prozentualen Anteils an der Gesamthemisphaere angeordnet werden (Tab. 10), so ergibt sich eine Ordnung, die von der, bis jetzt benützten morphologischen Reihenfolge: Archi-

Tabelle 10.

	Archi-striatum:	Palaeo-striatum:	Hyper-striatum:	Neo-striatum:	Hem. ind.:
WS:	3,7%	17,7%	30,6%	46,5%	7,40
W:	5,7%	14,8%	33,6%	44,1%	2,36
A:	2,3%	14,7%	34,1%	47,7%	16,1
S:	3,7%	11,1%	38,2%	46,6%	7,63
Mittelwerte:	3,8%	14,6%	34,1%	46,2%	

striatum, Palaeostriatum, Neostriatum, Hyperstriatum, durch Vertauschung des Platzes des Neostriatums und des Hyperstriatums, verschieden ist. Diese Proportionen dürften für die allgemeine Diskussion um die Wertigkeit der beiden evolutiv „neueren" Hemisphaerenteile (Hyperstriatum, Neostriatum) von Bedeutung sein.

In Abb. *1* wurde die Horizontalachse in dieser Reihenfolge in stets gleichbleibenden Abständen besetzt. Auf der Vertikalachse sind die Prozente des Anteils am Gesamtvolumen der Hemisphaere aufgetragen. Die eingetragenen Werte stellen also nicht eine Beziehung zwischen Horizontal- und Vertikalachse dar.

Das Archistriatum besitzt den geringsten Anteil an der Hemisphaere, dann folgt das Palaeostriatum, das Hyperstriatum und das Neostriatum, dieses ist stets am stärksten an der Bildung der Hemisphaere beteiligt. Die Proportion der einzelnen Striatalteile bezüglich der Werte ihres prozentualen Anteils an der Hemisphaere ist, in der angegebenen Reihenfolge und innerhalb des oben diskutierten Differierens homologer Werte, stets die gleiche.

Um die vergleichsweise Betrachtung der Lage der einzelnen Teile zu erleichtern, wurde eine, bei allen untersuchten Formen gleiche Gerade eingezeichnet.

Diese Gerade wurde annähernd durch die Lage der Werte für

die Striatalteile des Wellensittichs, als erste der untersuchten Formen, gegeben.

Der Abstand einzelner Werte von dieser Geraden bei der Wachtel, dem Amazonenpapagei und dem Star bildet einen Aus-

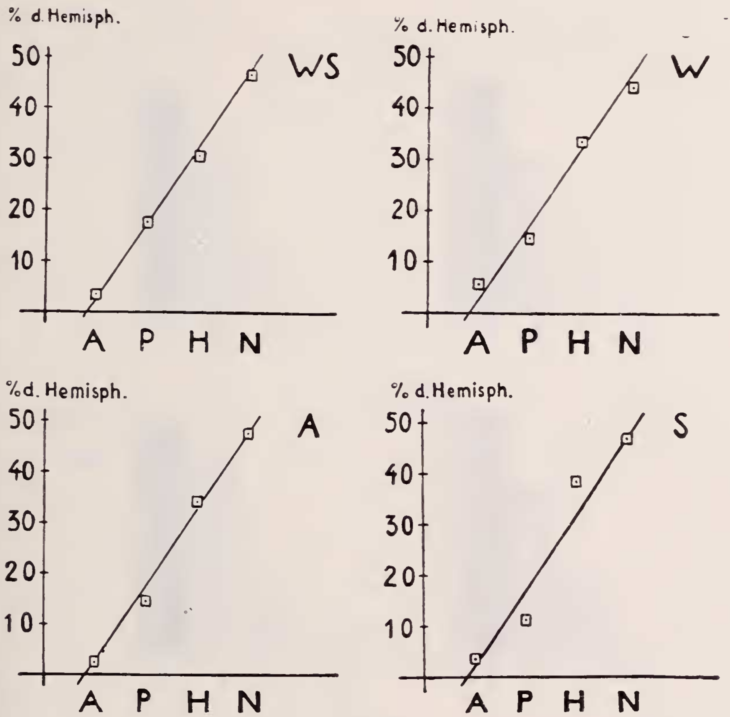


Abb. 1.

druck für die Differenz des Wertes homologer Hemisphaerenteile von den, beim Wellensittich dargestellten Verhältnissen.

Auffällig ist die Erscheinung, dass die Summe der Abstände der linksseitig der Gerade liegenden Punkte durch die entsprechende Summe der rechtsseitig liegenden Werte weitgehend kompensiert wird. Das Palaeostriatum des Stars z. B. liegt ungefähr so weit rechts der Gerade, wie dessen Hyperstriatum sich links davon befindet.

Aehnlich verhält es sich bei Archistriatum und Palaeostriatum, sowie beim Hyperstriatum und Neostriatum, oder beim Archistriatum und Neostriatum sowie beim Palaeostriatum und Hyper-

striatum der Wachtel, und ebenso liegen die Verhältnisse beim Palaeostriatum und Hyperstriatum des Amazonenpapageis.

Abb. *2* zeigt die gleichen Verhältnisse in einer anderen Darstellungsart. Es soll auch hier der Vergleich der einzelnen Werte

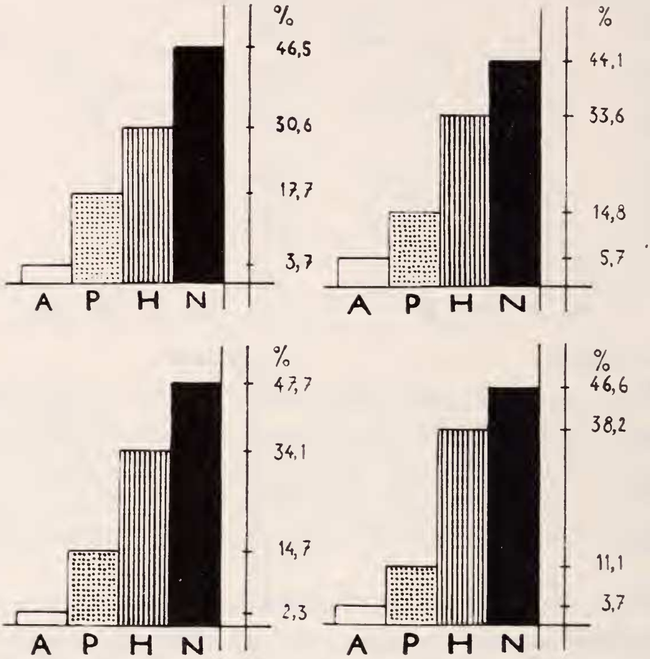


Abb. 2.

erleichtert werden, darüber hinaus wurde jedoch versucht, den Anteil der untersuchten Hemisphaerenteile am Volumen der Hemisphaere durch verschiedene Höhe der „Säulen“ darzustellen.

In den Abb. *3 - 6* wird, je für eine untersuchte Hemisphaere, die Schnittlage (= Schnittniveau; x-Achse) in Beziehung gebracht zum Anteil der beschriebenen Hemisphaerenteile am Volumen der Gesamthemisphaerenschnitte (y-Achse).

Die Zahlen der x-Achse sind für jede Hemisphaere eigene Kennziffern für die bestimmten untersuchten Schnitte, die Ziffern entsprechen in ihrem Werte einander also nicht. Die Summe aller Schnittabstände wurde für die Abbildungen 3—6 gleich gewählt.

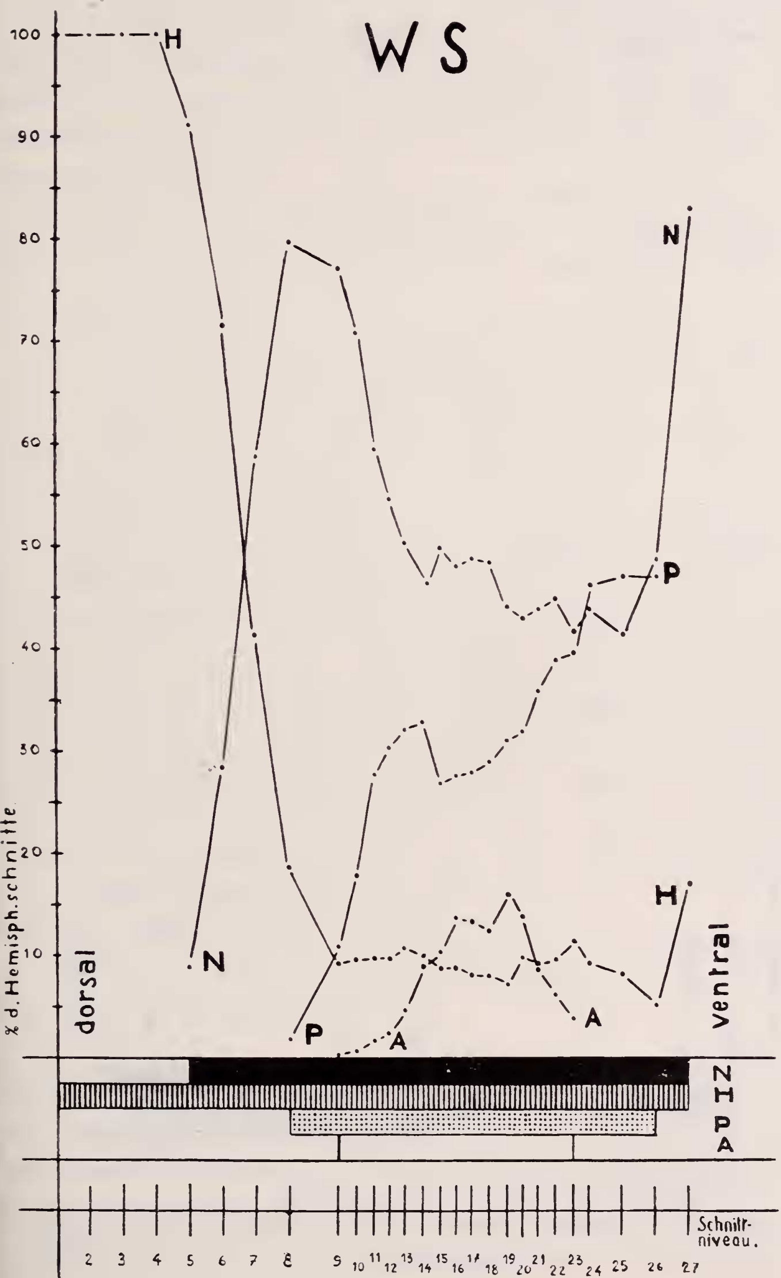
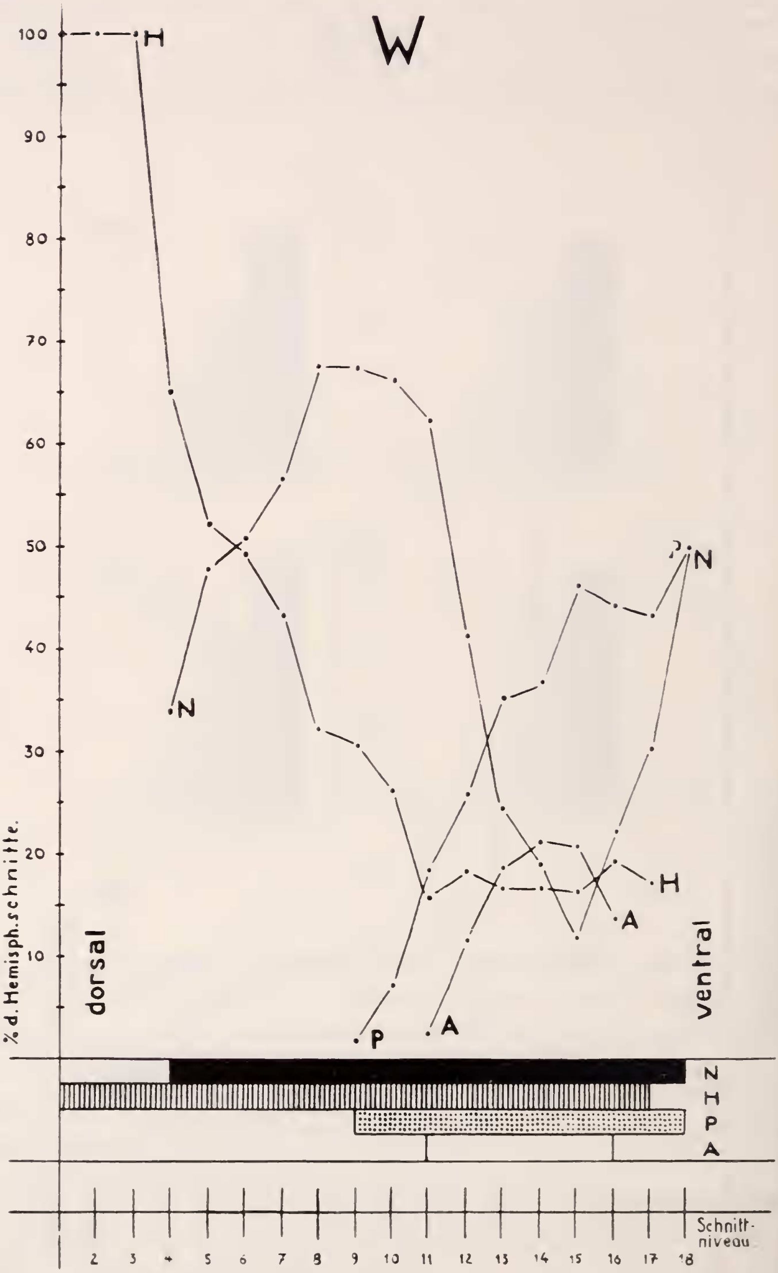

WS
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
% d. Hemisph. schnitte
dorsal
ventral
H
N
P
A
N
H
P
A
Schnitt-niveau.
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

Abb. 3.



W
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
% d. Hemisph. schnitte.
dorsal
ventral
H
N
P
A
N
H
P
A
Schnitt-niveau
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

ABB. 4.

Ebenso soll auf diesen Abbildungen die gegenseitige Beziehung der untersuchten Hirnteile auf drastische Weise gezeigt werden, indem das Vorhandensein (in dorso-ventraler Richtung) des Neostriatums als schwarze, des Hyperstriatums als schraffierte, des Palaeostriatums als punktierte und des Archistriatums als weisse Fläche eingezeichnet ist.

Die Kurven dieser Abbildungen zeigen, dass bei relativ gleichliegenden Schnittniveaus der Anteil der erwähnten Hemisphaerenteile am Gesamtschnittvolumen bei den untersuchten Formen verschieden sein kann.

Die entsprechenden Kurven zeigen einen verschiedenen Verlauf:

Neostriatum: Das Neostriatum steigt beim Wellensittich auf ca. 80% an, bei der Wachtel auf nur 66%, beim Amazonenpapagei auf ca. 72%, beim Star sogar nur auf etwas unter 60%. Im weiteren Verlauf sinkt diese Kurve bis auf etwas über 40% beim Wellensittich ab, bei der Wachtel in schroffem Gegensatz zu den übrigen Formen auf ungefähr 12%, beim Amazonenpapagei auf etwas über 50% und schliesslich beim Star auf ca. 45%. Das Neostriatum ist bis in die basalste Zone der Hemisphaere verfolgbar.

Hyperstriatum: Das Hyperstriatum, das bei allen untersuchten Formen die dorsale Hemisphaerenschicht bildet, verliert gegen die Basis zu ziemlich schnell an Hemisphaerenanteil, es sinkt beim Wellensittich bis auf ca. 9%, bei der Wachtel bis auf ca. 15—20%, beim Amazonenpapagei bis auf ungefähr 7%; diesen Anteil besitzt es bei den erwähnten Formen vor seinem endgültigen Verschwinden gegen die Hirnbasis zu, mehr oder weniger lang. Beim Star hingegen verliert es durch die ganze Hemisphaere hindurch gleichmässig an Hemisphaerenanteil.

Das Hyperstriatum ist nur beim Wellensittich bis in die basalste Zone der Hemisphaere verfolgbar, am wenigsten weit reicht es in basaler Richtung beim Star.

Palaeostriatum: Das Palaeostriatum erreicht bei Wellensittich und Wachtel eine Höhe von ungefähr 50%, beim Amazonenpapagei ist sein Höchstwert, welcher innerhalb der untersuchten Formen am dorsalsten liegt ca. 35%, beim Star wird nur ein grösster Anteil von nicht ganz 30% erreicht.

Nur bei der Wachtel ist das Palaeostriatum bis in die basalsten Hirnpartien zu verfolgen, am dorsalsten tritt es innerhalb der Hemisphaere des Wellensittichs auf.

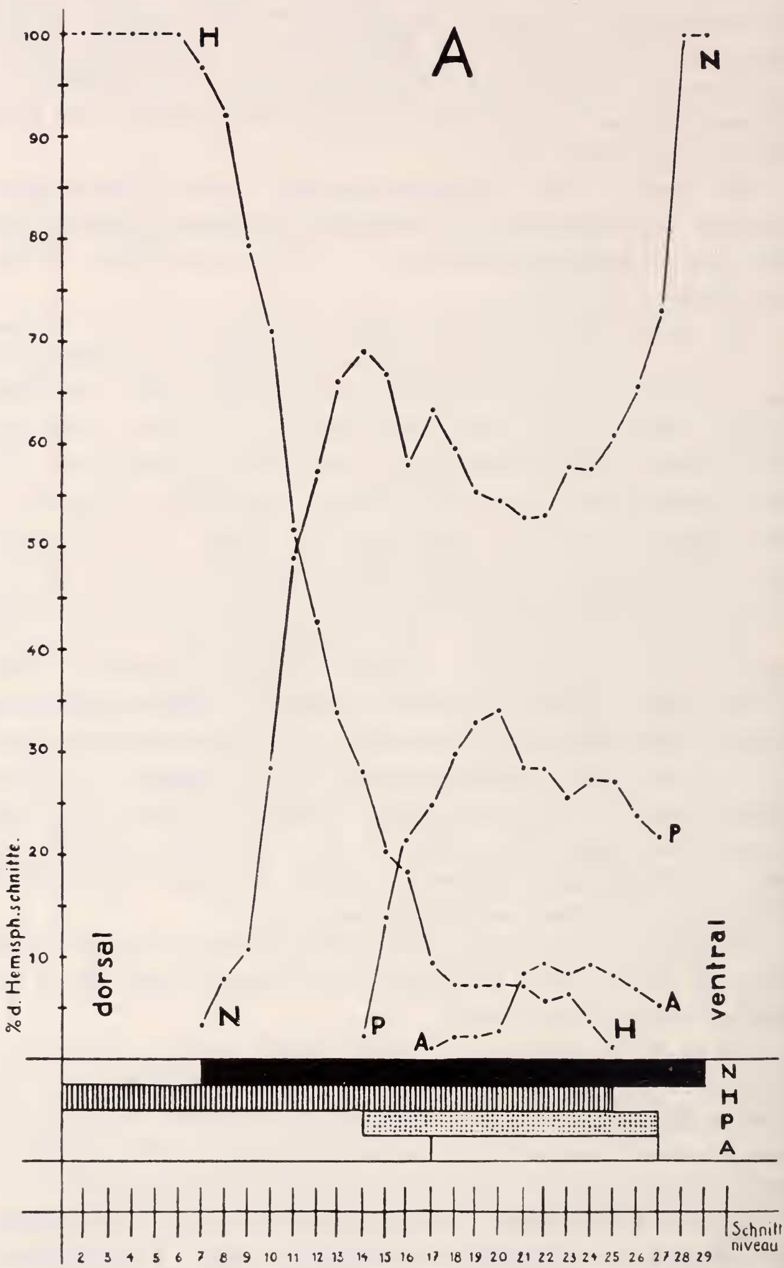

A
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
% d. Hemisph. schnitte.
dorsal
ventral
H
N
P
A
N
H
P
A
Schnitt-niveau
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

Abb. 5.

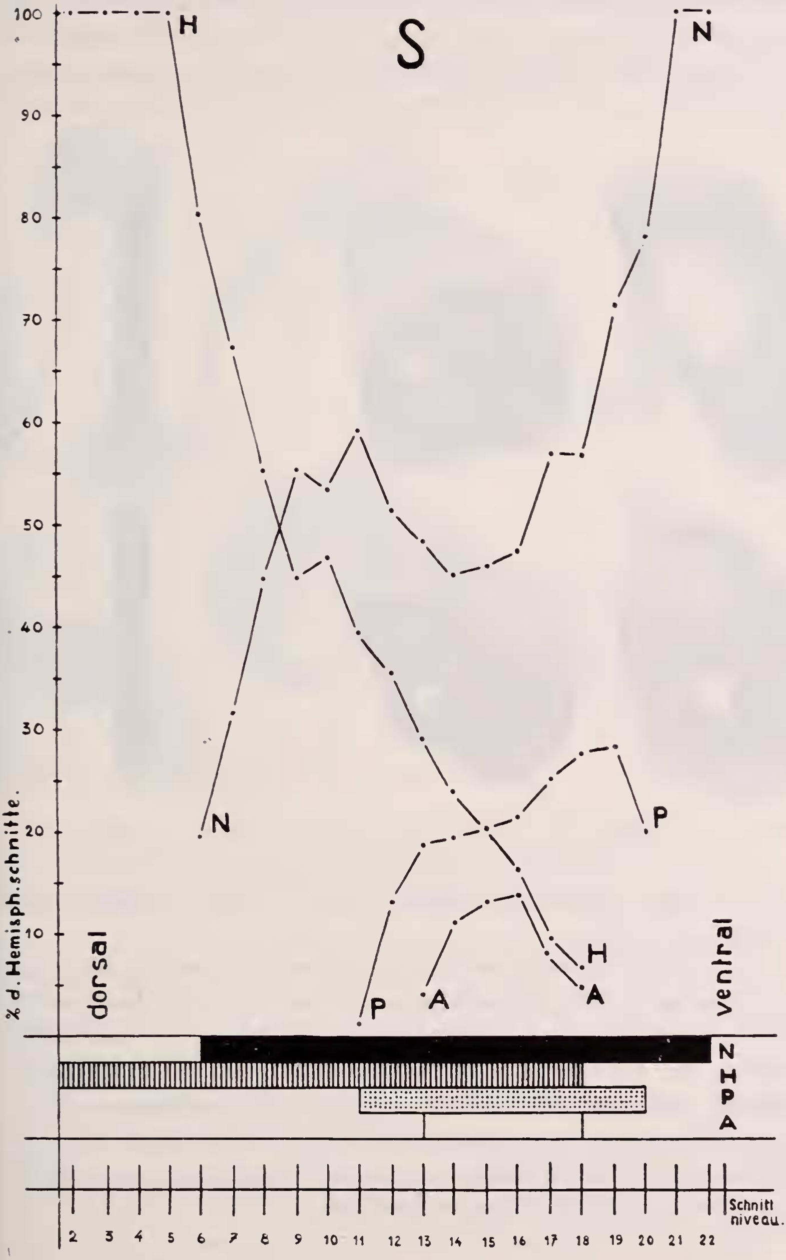

S
H
N
P
A
% d. Hemisph. schnitte.
dorsal
ventral
N
H
P
A
Schnitt niveau.
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

Abb. 6.

Archistriatum: Das Archistriatum, welches ebenfalls beim Wellensittich am dorsalsten auftritt, erreicht bei dieser Form eine grösste Höhe von ca. 16%, bei der Wachtel eine solche von über 20%; beim Amazonenpapagei wurde ein Höchstanteil von nur ungefähr 9%, dem ca. 14% beim Star gegenüberstehen, gefunden.

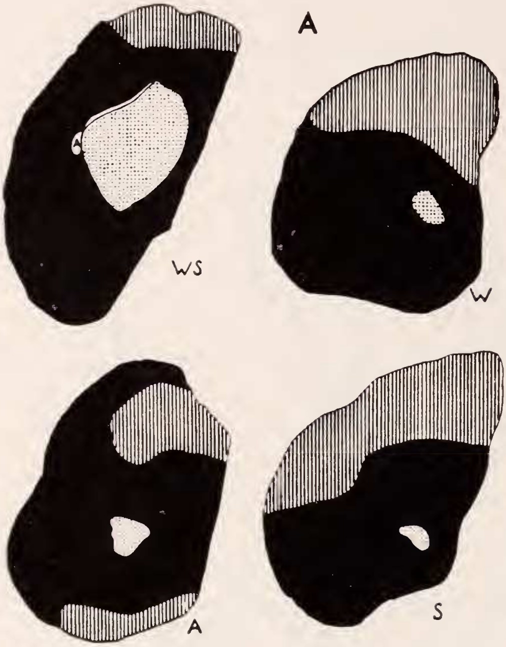


Abb. 7 *a*.



Abb. 7 *b*.

Am weitesten basal reicht dieser Teil des Corpus striatum beim Amazonenpapagei.

Um zu zeigen, wie verschieden vergleichend gesehen der Anteil der beschriebenen Hemisphaerenteile am Gesamtschnittvolumen sein kann, wurden zwei Schnittlagen (Schnittlage A und Schnittlage B), die je innerhalb der untersuchten Formen relativ gleichliegende Schnittniveaus bilden, gewählt. (Schnittlage A: WS 10, W 9, A 14, S 11; Schnittlage B: WS 21, W 14, A 22, S 17). Die Flächen dieser Schnittbilder wurden für Schnittlage A und Schnittlage B je ungefähr gleich gross gestaltet.

Abb. 7 *a* zeigt die Schnitte der Schnittlage A (Markierung der Teile wie oben beschrieben; gilt auch für die Abb. 7 *b*, 8 *a*, *b*).

Abb. 7 *b* versucht die Unterschiede des Anteils der erwähnten Hemisphaerenteile am Gesamtschnittvolumen deutlich zu machen. (Schnittlage A.)

Abb. 8 *a* entspricht Abb. 7 *a*, Abb. 8 *b* entspricht

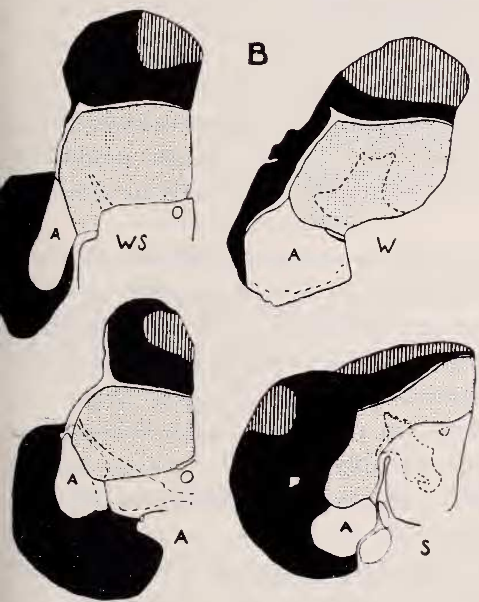


Abb. 8 *a*.

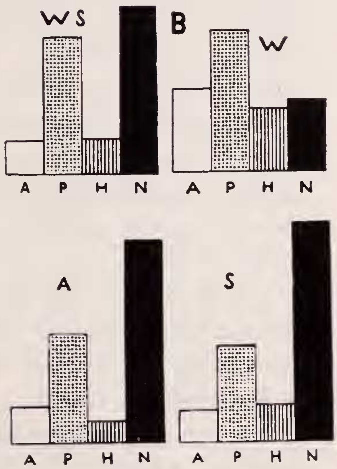


Abb. 8 *b*.

Abb. 7 *b*, nur dass auf den Abb. 8 *a* und 8 *b* die, bezüglich Schnittlage A basalwärts gelegene Schnittlage B, behandelt wird.

Den grössten Anteil am Gesamtschnittvolumen der Schnittlage A besitzt das Neostriatum des Wellensittichs; das Hyperstriatum, wenn wir homologe Teile miteinander vergleichen, ist beim Staren, das Palaeostriatum beim Wellensittich am stärksten ausgebildet. Das Archistriatum tritt in dieser Schnittlage nur beim Wellensittich auf (s. Abb. 7 *b*).

Bei Schnittlage B hat das Neostriatum des Stars den grössten Anteil am Hemisphaerenschnittvolumen. Das Hyperstriatum, das Palaeostriatum und das Archistriatum sind, vergleichend betrachtet, am besten bei der Wachtel entwickelt (s. Abb. 8 *b*).

ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE UND ABSCHLUSS

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht zu zeigen dass, entgegen der Ausgangshypothese, der Anteil der untersuchten Hemisphaerenteile am Gesamthemisphaerenvolumen, bei den gewählten Formen vergleichend, in Unabhängigkeit vom Hemisphaerenindex stets gleich bleibt.

Die Mittelzahlen für jeden Hemisphaerenteil besitzen, da Tiere aus Gruppen von extrem verschiedener Evolutionshöhe gewählt wurden, einen gewissen, allgemein gültigen Wert für das Vogelhirn. Den geringsten Anteil an der Hemisphaere besitzt stets das Archistriatum, dann folgt das Palaeostriatum, das Hyperstriatum und das Neostriatum, dieses ist stets am stärksten an der Bildung der Hemisphaere beteiligt, was für die allgemeine Diskussion um die Wertigkeit der beiden evolutiv „neueren" Hemisphaerenteile von Bedeutung sein dürfte.

In der eben angegebenen Reihenfolge bleibt die Proportion der Hemisphaerenteile bezüglich ihres prozentualen Anteils an der Hemisphaere stets weitgehend die gleiche.

Auf drastische Weise wird die gegenseitige Beziehung der untersuchten Hirnteile gezeigt.

Bei relativ gleichliegenden Schnittniveaus kann der Anteil der untersuchten Hemisphaerenteile am Gesamtschnittvolumen verschieden sein.

Die Frage nach der Art der innern Komplikation, die den steigenden Indexwerten der Hemisphaeren entspricht, bleibt nach wie vor offen.

VERZEICHNIS DER ABKUERZUNGEN

TABELLE 4-7.

Vol. = Volumen.
% Hem. = % der Hemisphaeren.

ABBILDUNGEN:

a) Untersuchte Formen:

WS = Wellensittich.
W = Wachtel.
A = Amazonenpapagei.
S = Star.

b) Bezeichnung der Hemisphaerenteile:

A = Archistriatum.
P = Palaeostriatum.
H = Hyperstriatum.
N = Neostriatum.

c) Einzelne Abbildungen:

Abb. 2:	% = % der Hemisphaere Von links nach rechts: oben: WS W; unten: A S	
Abb. 3:	Wellensittich (WS)	
Abb. 4:	Wachtel (W).	
Abb. 5:	Amazonenpapagei (A).	
Abb. 6:	Star (S).	
Abb. 7 *a*, *b*:	Schnittlage A (grosses A).	
Abb. 8 *a*, *b*:	Schnittlage B (grosses B).	

LITERATUR

(Weitere Angaben über frühere Veröffentlichungen der Autoren, welche mit unserer Arbeit in Zusammenhang stehen, finden sich in den Literaturverzeichnissen der zitierten Arbeiten.)

1937. BOLK/GOEPPERT. *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere;* Berlin und Wien.

1939. BRUMMELKAMP, R. *Das Wachstum der Gehirnmasse mit kleinen Cephalisierungssprüngen (log $\sqrt{2}$ Sprüngen) bei den Rodentiern,* Acta neerl. Morph. norm. et path. 2.

1883. Bumm, A. *Das Grosshirn der Vögel.* Z. wiss. Zoolog. Bd. 38; 430-467.
1932. Craigie, E. Horne. *The cell structure of the cerebral hemisphere of the Humming bird.* J. Comp. Neur. 56; 135-168.
1897. Dubois, E. *Sur le rapport du poids de l'encéphale avec la grandeur du corps chez les Mammifères.* Bull. Soc. Anthrop. Paris, 4º série, vol. 8.
1932. Durward, A. *Observations on the cellmasses in the cerebral hemisphere of the New Zealand Kiwi (Apteryx australis).* J. Anat., Vol. 66; London.
1934. —— *Some observations on the development of the corpus striatum of birds, with special reference to certain stages in the common sparrow (Passer domesticus).* J. Anat., Vol. LXVIII; Cambridge.
1903. Edinger, L., Wallenberg, A. u. Holmes, G. *Das Vorderhirn der Vögel.* Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. 20; 343-426.
1927. Huber, G. Carl. *New method of fixation and staining of the central nervous system for purpose of study of cytoarchitecture.* Contr. to Medical Sci. Dedicated to Aldred Scott Warthin. Wahr. Ann Arbor; 1-12.
1929. Huber, G. C. and Crospy, E. C. *The nuclei and fiber paths of the avian diencephalon with consideration of telencephalic and certain mesencephalic centers and connections.* J. Comp. Neur. 48; 1-226.
1923. Johnston, J. B. *Further contributions to the study of the evolution of the forebrain.* J. Comp. Neur. 35; 337-481, and 36; 143-192.
1905. Kalischer, O. *Das Grosshirn der Papageien in anatomischer und physiologischer Beziehung.* Abh. kön. Preuss. Acad. d. Wiss., 1-105.
1921. Kappers, C. U. A. *Die vergleichende Anatomie des Nervensystems der Wirbeltiere und des Menschen.* Bd. 2, 2. Absch; Haarlem.
1948. Kocher, C. *Das Wachstum des Gehirns beim Alpensegler (Micropus m. melba* L.*).* Rev. suisse Zool. 55; 57-116.
1907. Lapicque, L. *Tableau général des poids somatique et encéphalique dans les espèces animales.* Bull. Soc. Anthrop. Paris, 5e série, vol. 8.
1910. Lee, A. B. u. Mayer, Paul. *Grundzüge der mikroskopischen Technik für Zoologen und Anatomen;* Berlin.
1928. Peterfi, T. *Methodik der wissenschaftlichen Biologie.* Bd. 1; 1149 ff; Berlin.
1942. Portmann, A. *Die Ontogenese und das Problem der morphologischen Wertigkeit.* Rev. suisse Zool. 49; 169-185.
1946/47. —— *Etudes sur la cérébralisation chez les Oiseaux.* I (1946) u. II (1947); I: Alauda, XIV; II: Alauda, XV.
1948. —— *Einführung in die vergleichende Morphologie der Wirbeltiere;* Basel.

1932. ROMEIS, B. *Taschenbuch der mikroskopischen Technik;* München und Berlin.

1914. ROSE, M. *Ueber die cytoarchitektonische Gliederung des Vorderhirns der Vögel.* J. Psych. u. Neurol., 278-352.

1948. SCHIFFERLI, A. *Ueber Markscheidenbildung im Gehirn von Huhn und Star.* Rev. suisse Zool. 55:117-212.

1943. SUTTER, E. *Ueber das embryonale und postembryonale Hirnwachstum bei Hühnern und Sperlingsvögeln.* Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. LXXV, Abh. 1.

1949. WIRZ, K. *Zur quantitativen Bestimmung der Ranghöhe bei Säugetieren.* Acta Anatomica, V.